

绪 论

一、课程设置目的

机械是人类进行生产斗争的重要武器，是用来减轻体力劳动和提高生产力的工具，也是衡量社会生产发展的重要标志。在古代，人们就知道用杠杆或绞盘等简单的省力工具去从事生产劳动；18世纪中叶，随着蒸气机的发明，各种机械相继产生。机械工业的不断发展，促进了有关机械研究理论相应地发展和完善，而机械研究理论的发展和完善又反过来促进机械工业不断向前发展。目前，机械学科已达到了相当的水平，机械工业已成为国民经济的重要部门。

建筑行业在世界各国都是一种不可缺少的大行业，它在国民经济中举足轻重。要多快好省地完成建筑施工任务，必须努力使施工过程达到基本机械化和完全机械化。所谓施工机械化是指在整个施工过程中，使用机械来代替手工劳动以节省人力、减轻劳动强度；同时，利用机械扩大施工范围、加快建设速度、提高施工质量、降低材料消耗和成本等。世界上工业发达国家的施工速度较快，如美国建设一座130万kW的火电厂只用四年时间；日本建设一座240万kW的火电厂也只用四年半；苏联建造一栋9000m²的九层大楼仅化一个月时间。而我国的施工速度一般都比较慢，其主要原因之一就是机械化程度不高。因此，施工机械化是加快施工速度的根本出路。

为了实现施工机械化，在现代建筑工地上，广泛地应用各种建筑机械和设备。每一个从事设计和施工的工程技术人员必须掌握建筑机械的主要工作原理和常用建筑机械的基本性能及特点，能正确地选择建筑机械，并能对它们进行科学的管理和合理地使用，充分发挥它们的作用，这就是本课程的目的。

二、课程基本内容

工业与民用建筑专业学习机械的目的不是去设计和制造机械设备，仅仅是使用和管理这些机械设备，因此不必要（也不可能）全面掌握机械领域的一切知识，而只要求了解各种常用建筑机械的基本构造、工作原理、性能特点和使用情况等。根据这个要求，本课程内容包括以下两大部分：

（一）机械基础知识

主要介绍机械的基本概念；机械制造中常用材料的特性及选用方法；常用机构及通用零、部件的一般计算和选择；液压传动基本概念等，为学习建筑机械奠定基础。

（二）常用建筑机械

主要介绍建筑施工中最常用的各种建筑机械和设备的类型、性能、基本构造、使用方法及选型要求等。

三、机械的基本概念

（一）机器、机构与机械

什么是机械？机器和机械有何不同？这是每个初学者都会提出的问题，下面举例说明。

图0-1所示为建筑工地上常用的电动摩擦式卷扬机，它由电动机1、卷筒2、摩擦离合器3及传动

计。本书将对部分常用的通用零件和专用零件的选择和计算作适当的介绍。

(三) 机器的基本构造

通过对图示卷扬机的分析可知,任何机器主要由四部分组成。

1. 动力装置 是机器中产生动力、实现能量转换的部分,如卷扬机中用电动机作为动力装置,将电能转变为机械能使卷筒旋转。也可用内燃机、液压马达等代替电动机作为动力装置,人力和畜力亦可作为动力源(如手动卷扬机),动力装置是任何机器中不可少的。

2. 传动装置 用来传递运动和动力的装置称传动装置,如卷扬机中的带传动 11和由小齿轮 10及大齿轮 4所组成的齿轮机构可把电动机 1的高速旋转变为卷筒的慢速旋转,并把电动机的动力传递给卷筒,使卷筒上的钢丝绳能实现起重或牵引工作。传动装置不但可传递运动和动力,还可以改变运动的形式(如使旋转运动变为直线运动或摆动等)和方向(正、反向转动和往复直线运动等)。实现传动的方式是多种多样的,图示卷扬机中是利用机械零件来传动的,称为机械传动,也可以用液压、气压和电气元件来实现传动,称为液、气压传动和电气传动等。机械传动构造简单,工作可靠,应用十分广泛;液压传动结构紧凑,能无级变速,具有独特的优点,是近代机械中常用的传动方式。本书中将对机械传动和液压传动基本知识作必要的介绍。

3. 工作装置 是直接完成机器主要工作的部分,如卷扬机中的卷筒、钢丝绳滑轮组及吊钩等,不同的机器有各自的工作装置。

4. 操纵控制装置 是用来操纵和控制机器按一定规律运动的设施,如卷扬机中的制动器、操纵把手等。这些装置对机器的工作性能起着决定性的作用,是任何机器都不能缺少的。

把上述四种主要机构按一定的要求装在机架上,再加上必要的联接和辅助设施,就组成了机器。

(四) 机械的主要工作参数

机械的主要工作参数,如工作装置的作用力、运动速度、功率等是表示机械工作性能的重要指标,也是设计和选择机械的主要依据。

1. 作用力 与机械的工作能力有关,不同的机械中,其工作装置作用力的计算方法是不同的。如起重机械工作装置的作用力是由起重量来确定;挖掘机械的铲斗在挖土时,其工作装置的作用力必须在不同的位置对不同种类的土壤进行大量挖掘试验后经计算来确定。

2. 工作速度 根据机械实际工作的要求来决定,它对生产率有重大影响,但由于实际工作条件的限制,对工作速度有一定的要求。如起重机的起升速度太快会引起失稳;混凝土搅拌机转速太高会使搅拌失效。因此,必须选用合适的工作速度。

3. 功率 当机械的作用力和工作速度已知时,就可用下式求出机械所需的功率(消耗能量的多少),即

$$P = \frac{Q \cdot v}{1000} (\text{kW})$$

式中 P ——功率(kW);

Q ——作用力(N);

v ——工作速度(m/s)。

4. 机械效率 上述功率是不考虑摩擦损失时的理论值,而实际上因为机械各部分在运动时必然存在摩擦损失,故实际所需的功率比理论功率大,我们把理论功率 P 和实际功率 P_0 ,

之比值称机械效率，以 η 表示，即

$$\eta = \frac{P}{P_0} < 1$$

各种机械的机械效率将在有关章节中讲解。

5. 传动比与轴上的扭矩

一台机器（如卷扬机）中，各运动部分的运动要求不一定都相同，因此不同部位轴的转速和扭矩也是不同的。若轴 1 的转速为 n_1 ，轴 2 的转速为 n_2 ，我们把不同轴的转速之比值称为两轴间的传动比，用 i_{12} 表示，即

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2}$$

每根轴上所传递的扭矩可按下式计算，即

$$T = 9.55 \times 10^6 \cdot \frac{P}{n} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

式中 T ——轴上所传递的扭矩（ $\text{N} \cdot \text{mm}$ ）；

P ——该轴上所传递的功率（ kW ）；

n ——该轴的转速（ r/min ）。

各种工作参数的具体计算，将在有关章节中讲解。在选择和设计机械时，通常要按机械承受载荷的大小和运动的要求选择恰当的工作机构和传动类型以满足机械的使用要求；同时，为了使机械能在规定的期限内可靠地工作，在选用和设计时必须从各个机械零件的各项工作能力（如强度、刚度、耐磨性等）去衡量和计算；并且要考虑经济性和安全操作等问题，采取必要的劳动保护措施。

四、建筑机械概况

建筑机械是机械工业的一个分支，是用于各种建设工程的机械设备。建筑机械从问世到大量使用，大约有一百多年历史。19世纪末，国外先进国家首先出现了蒸气驱动的压路机、挖掘机等，直到本世纪初，内燃机和电动机才在建筑机械中采用。50年代后，随着国民经济的发展，建筑机械也迅速发展，产品不断更新换代。从60年代开始，液压传动等新技术也逐渐在建筑机械中得到应用。目前，国外技术发达的国家，建筑机械产品已达到很先进的水平。解放前，我国建筑机械十分落后，不能自行设计和制造建筑机械产品，只有少量修配厂用以维修国外进口的设备。新中国成立后，我国的建筑机械事业从无到有，从小到大不断地发展。目前，我国不仅能自行设计和制造各种建筑机械产品，而且许多产品已逐步形成了自己的标准和体系，达到国际先进水平。国产的许多机械设备不仅在国内广泛使用，而且还远销国外。

建筑机械在各国的含义不同，产品范围也有所不同。美国称作建筑机械的产品包括碎石机械、空气压缩机和自卸汽车等；日本所谓的建设机械，包括挖泥船、钻坑机、凿岩机等；苏联称为建筑和筑路机械，包括石料加工机械、水泥制品和钢筋混凝土工艺设备及机械工具等；在我国，不同历史时期和不同行业对建筑机械的内容、范围和编号方法等是不同的，因此机械产品的型号五花八门，极不统一。城乡建设部颁发的JJ28—85标准，统一了建筑机械产品类、组、型的划分办法，把产品分为挖掘机械、起重机械、铲土运输机械、

压实机械、路面机械、桩工机械、混凝土机械、钢筋和预应力机械及装修机械等九类 70 组 271 型，并统一了建筑机械产品型号的编制方法（参见 JJ29-85 标准）。尽管如此，目前国内各种建筑机械产品的型号及编号方法仍然很不统一，在选用时应根据具体情况决定。

五、课程的特点和要求

根据本课程的基本内容可知，这是一门多学科的综合性课程。它既包括了建筑机械方面的专业知识，又包括了某些机械基础课程的内容，同时，就课程本身来说，它又是《建筑施工》等专业课的先修课程。在学习过程中，应理论联系实际，不但要掌握基本理论和计算方法，更重要的是在生产实践中能合理选择和正确使用各种常用建筑机械，解决实际问题。

科学技术不断发展，建筑机械水平也将不断提高。创造和使用各种先进的建筑机械，改进机械化施工的组织管理工作，努力实现施工机械化，加速祖国的四化建设，是每一个建筑工程技术人员的义务和责任。

第一篇 机械基础

第一章 常用金属材料及热处理简介

各种机械中绝大部分零件是用金属材料制成。金属材料的种类很多，其性能各不相同。金属材料基本性能包括机械性能，物理、化学性能和加工工艺性能等。其中机械性能是进行机械零件设计、选择金属材料的主要依据。

第一节 金属材料的机械性能

金属材料的机械性能是指在外力作用下材料本身表现出来的抵抗能力，它包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

一、强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形或破坏的能力，抵抗能力愈大，强度愈高。根据外力作用方式不同，有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和疲劳强度等。

二、塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不破坏的能力。衡量塑性好坏的指标是延伸率(δ)和断面收缩率 ϕ 。一般来说塑性材料的 δ 和 ϕ 较大，而脆材料的 δ 和 ϕ 较小。

金属材料的塑性和它的加工工艺性能有关，如低碳钢塑性好，锻、压性能也好，但铸造性能较差。其次，塑性材料还可承受一定的冲击能力。一般 δ 达5%或 ϕ 达10%即能满足绝大多数零件的塑性要求，过高的塑性是没有必要的，而且会导致强度下降等不良后果。

三、硬度

硬度是金属材料抵抗比它更硬物体压入的能力。常用的硬度指标有：布氏硬度（HBS或HBW）、洛氏硬度（HRC、HR₁₅）和维氏硬度（HV）等，用以表示材料的坚硬程度。通常布氏硬度用来表示较软材料的硬度，洛氏硬度用来表示较硬材料（如淬火钢）的硬度，而维氏硬度常用来表示氮化处理材料表面的硬度。一般来说硬度高的材料强度也比较高，材料的耐磨性也较好。

四、冲击韧性

有些金属材料在外力（拉伸或压缩）缓慢增加的情况下，显示出较高的强度，但是在冲击力的作用下，却表现出异常的脆弱性；相反，也有不少材料，它们的强度并不高，但在冲击力作用下，反而表现出很高的坚韧性。属于前者的金属如高碳钢和铸铁；属于后者的金属如软钢、纯铜等。由此看来，金属在冲击力作用下所表现的坚韧性，是金属机械性能的又一重要特性。

冲击韧性是金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力。材料的冲击韧性用试验后测出的冲击值 α_K 表示 α_K 愈大，材料的冲击韧性愈好。

五、疲劳强度

金属材料在周期性的变载荷作用下，经过一段时间产生破坏的现象，称为疲劳。金属材料抵抗疲劳破坏的能力称之为疲劳强度。疲劳最容易发生在旋转或往复运动时受载的机械零件和部件。尽管所受的应力还低于材料的静力强度，也会因疲劳而引起断裂的，因此，为使零件在变载荷下工作安全、可靠和耐久，提高材料的疲劳强度就成为不容忽视的问题。

第二节 常用金属材料

在机械制造中常用的金属材料是钢和铁；其次是某些有色金属及其合金。此外，有些机械零件也可用非金属材料制成。

一、钢

钢和铁都是铁碳合金。一般把含碳量低于 2.11% 并含有少量硅、锰、硫、磷杂质的铁碳合金称为碳钢。工业上应用的碳钢含碳量一般不超过 1.40%，这是因为含碳量超过此量后，钢表现出很大的硬脆性，并且锻造、切削等工艺性能也很差，失去生产和使用价值。

当碳钢在冶炼时有目的地加入一定量的合金元素后，改善了碳钢的某些性能，这类钢称为合金钢。

钢的种类很多，其分类情况见表 1-1。

表 1-1 钢 的 分 类

(1) 按化学成分分类	<ul style="list-style-type: none"> 碳素钢 <ul style="list-style-type: none"> 工业纯铁 (碳含量 $\leq 0.04\%$) 低碳钢 (碳含量 $\leq 0.25\%$) 中碳钢 (碳含量 $> 0.25 \sim 0.60\%$) 高碳钢 (碳含量 $> 0.60\%$) 合金钢 <ul style="list-style-type: none"> 低合金钢 (合金元素总含量 $\leq 5\%$) 中合金钢 (合金元素总含量 $> 5 \sim 10\%$) 高合金钢 (合金元素总含量 $> 10\%$)
(2) 按品质分类	<ul style="list-style-type: none"> 普通钢 (磷含量 $\leq 0.045\%$, 硫含量 $\leq 0.055\%$ (或磷、硫含量均 $\leq 0.050\%$)) 优质钢 (磷、硫含量均 $\leq 0.040\%$) 高级优质钢 (磷含量 $\leq 0.035\%$, 硫含量 $\leq 0.030\%$)
(3) 按用途分类	<ul style="list-style-type: none"> 建筑及工程用钢 <ul style="list-style-type: none"> 普通碳素钢——主要是低碳的甲、乙、特殊钢 低合金高强度钢——包括部分普通低合金钢 钢筋钢 机械制造用钢 <ul style="list-style-type: none"> 调质结构钢 表面硬化结构钢——包括渗碳钢，渗氮钢、感应加热表面淬火用钢 易切结构钢 冷塑性成形用钢——包括冲压用钢、冷墩用钢、冷挤用钢 弹簧钢 轴承钢 工具钢 <ul style="list-style-type: none"> 碳素工具钢 合金工具钢 高速工具钢 刀具用钢 量具用钢 模具用钢 特殊性能钢 <ul style="list-style-type: none"> 不锈钢 耐热钢 (包括抗氧化钢和热强钢) 电热合金 耐磨钢 低温用钢 电工用钢 专业用钢——如船舶用钢、桥梁用钢、压力容器用钢、锅炉用钢等等。

(一) 碳素钢的牌号、性能及用途

1. 普通碳素结构钢 按不同的技术条件要求分为三类；

(1) 甲类钢 这类钢在供应时只保证机械性能，而不保证化学成分。在其牌号前加注“ A ”，其后为顺序号“ A1 ”至“ A7 ”共七种。随着顺序的增加钢的含碳量增加，钢的强度也增加而塑性降低。这类钢应用很广泛，它不再经热处理可以直接使用，一般用作不重要的机械结构材料和建筑材料。甲类钢的机械性能及用途见表 1—2。

表1-2 甲类钢的机械性能及用途

牌 号	抗拉强度 σ_b (MPa)	延伸率 δ_5 (%)	应 用 举 例
A1	320~400	28	用作受力不大的零件，如钢筋、地脚螺钉、钩子、垫片、拉杆、铆钉、油盘、罩盖、焊接件及冲压件等
A2	340~420	26	
A3	380~470	22	
A4	420~500	20	用作承受中等负荷零件，如螺钉、螺杆、小轴、链轮、连杆、销子、农机零件等
A5	500~620	16	
A6	600~720	12	
A7	720以上	8	

(2) 乙类钢 这类钢在供应时只规定化学成分而不保证机械性能。其编号是在钢号前加注“ B ”，其后为顺序号从“ B1 ”至“ B7 ”也有七种。随着顺序号的增加钢的含碳量也相应增加。这类钢和甲类钢实际上是比较接近的。在生产中主要是用甲类钢，有时也可用乙类钢代替相应的甲类钢。

(3) 特类钢 这类钢在供应时既保证化学成分又保证机械性能。但实际上很少见到用这类钢，因为，如果要热处理或性能要求较高时，就直接采用优质碳素结构钢了。

2. 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢供应时必须同时保证钢的化学成分和机械性能。钢中含硫、磷较少，多用于制造重要零件。根据含碳量的多少，可分低碳钢（含碳量低于 0.25% ）、中碳钢（含碳量为 0.25%~0.60% ）、和高碳钢（含碳量高于 0.60% ）、三种。

优质碳素钢的牌号用其平均含碳量的万分之几的两位数字表示，如 20 号钢表示平均含碳量为 0.2% 左右；如果牌号后有“ A ”字的 则表示高级优质钢（含有害杂质更少）如果钢中含锰量较高（含锰量在 0.7~1.2% ），则在牌号后加 Mn，如 20Mn、40Mn 等。

优质碳素结构钢一般要经过热处理后使用，所以钢的机械性能与热处理工艺有关。这类钢的硫、磷含量较低，与相同含碳量的普通碳素钢相比，其塑性和韧性均较高，常用来制造重要的机器零件。常用优质碳素钢的热处理规范、机械性能与典型用途见表 1-3。

3. 碳素工具钢 碳素工具钢的钢号用钢的平均含碳量的千分之几的数字表示，并在数字前面加注“ T ”或“ T ”，如 T8 钢表示平均含碳量为 0.80% 的碳素工具钢。常用的碳素工具钢有 T7~T14 八种；牌号后如加有“ A ”或“ Mn ”则分别表示高级优质或含锰量较高的碳素工具钢，如 T10A、T8Mn 等。这类钢主要用来制造刀具、量具和模具等。

(二) 合金结构钢

合金结构钢的编号是在钢号前用两位数字表示平均含碳量的万分之几，合金元素用国际化学元素符号表示，其后的数字表示该元素平均含量的百分之几。当合金元素的含量少于 1.5% 时，牌号中只表明元素符号而不标其含量。如 12CrNi3A 表示平均含 0.12% C，含 1% Cr，含 3% Ni 的高级优质合金结构钢。

合金工具钢、特殊用途钢的牌号前面的数字表示平均含碳量的千分之几，其后的合金元素符号及其含量表示方法同合金结构钢，如 9SiCr 表示平均含 0.9% C，1% Si，1% Cr 的

表1-3

常用优质碳素结构钢热处理规范及机械性能

牌号	热处理工艺	机械性能					工艺性能特点	典型用途
		σ_b (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	δ (%)	ψ (%)	硬度		
25	880℃退火或正火	≥460	≥280	≥23	≥50	≤170HBS	塑性尚可, 电焊性好, 气焊性可, 切削性合格。	受力不大的结构零件(如不淬火的螺钉、轴以及铸钢件, 渗碳或氧化零件)。
	渗碳后790℃淬火, 180℃回火	—	—	—	—	表层 HRC≥58		
20MnA	890℃退火	500~700	—	>19	—	—	塑性好, 铆接性好。	重要零件上的铆钉(应淬火高温回火)。
	890℃淬火, 600~620℃回火	—	(抗剪) 550~700	—	—	—		
35	850℃退火或正火	≥540	≥320	≥20	≥40	≤187HBS	可以焊接, 切削性好。	螺钉、垫圈及受力不大的结构件。
	850℃淬火, 560℃回火	—	—	—	—	HRC 22~28		
45	850℃正火	700~760	42~48	18~22	58~64	HRC≤20	切削性优良, 电弧焊接性合格, 气焊性差。	一般的受力零件, 如小轴、齿轮、销子、杆件、螺钉等。要求不高时不热处理, 要求强度、硬度时, 可热处理到所列不同状态。
	840℃淬火, 200℃回火	1550~1800	1350~1600	2~8	10~12	HRC48~53		
	840℃淬火, 250℃回火	1400~1700	1250~1500	3~4	15~20	HRC44~49		
	840℃淬火, 300℃回火	1300~1600	1050~1350	4~5	25~30	HRC40~60		
	840℃淬火, 400℃回火	1050~1300	900~1100	6~7	40~50	HRC32~40		
	840℃淬火, 450℃回火	950~1160	800~1100	6~8	45~55	HRC29~36		
	840℃淬火, 500℃回火	950~1150	800~900	7~9	50~65	HRC26~31		
	840℃淬火, 550℃回火	900~1000	750~850	8~12	55~65	HRC25~27		
	840℃淬火, 600℃回火	800~900	650~750	12~14	60~66	HRC23~25		
840℃淬火, 650℃回火	750~850	600~700	15~16	63~67	HRC18~21			
65Mn	供应状态, (热轧)	≥750	≥440	≥9	≥30	HRC≤30		弹簧及其他要求弹性的零件。
	820℃淬火, 400℃回火	1750	1580	2	4	HRC 46		
	820℃淬火, 500℃回火	1450	1300	4	10	HRC 44		
	820℃淬火, 600℃回火	1250	1120	7	16	HRC 40		

合金工具钢。而Cr13表示平均含0.2%C, 13%Cr的不锈钢。

合金结构钢按照用途分为普通低合金结构钢和机械制造结构钢。普通低合金结构钢又称低合金高强度钢, 它是一种低碳结构用钢, 合金元素含量较少, 但强度却比同等含碳量的碳素结构钢要高得多, 并具有良好的焊接性和耐蚀性。用它来做机械零件和结构, 在相同受载条件下可使结构重量减轻20~30%。表1-4列出了几种常用普通低合金钢的成分、性能及用途。

机械制造用结构钢大多数需要进行热处理, 根据热处理方法不同, 又可分为渗碳钢和调质钢。其它还有弹簧和轴承钢等。

合金工具钢用以制造各种工具, 如刀具、量具和模具。这类钢要求硬度比较高(多在HRC60以上), 所以含碳量一般也较高。特殊性能钢是具有特殊物理和化学性能的钢的总称, 分为不锈钢、耐热钢和耐磨钢等, 一般都含有较高的合金元素。

二、铸铁

一般把含碳量大于2.11%的铁碳合金称为铁。由于铁多用铸造的方法制成机械零件, 故又称为铸铁。铸铁具有良好的机械性能, 较好的耐磨性、消振性, 而且生产简便, 成本低廉,

表1-4

普通低合金钢的牌号、成分及用途

钢号	化学成分 (%)				钢材 厚度 (mm)	机械性能			冷弯试验 a —试件厚度 d —心棒直径	用途
	C	Si	Mn	其他		σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	δ		
09Mn2	≤ 0.12	0.20~0.40	1.40~1.80	—	4~10	460	310	21	180° ($d=2a$)	油船, 油槽, 机车车辆, 油罐, 梁柱等焊接结构
10MnSiCu	≤ 0.12	0.80~1.10	1.30~1.60	0.15~0.30Cu	≤ 16	500	350	26	180° ($d=2a$)	锅炉容器, 铁路车辆, 石油井架, 油罐
16Mn	0.1~0.20	0.40~0.60	1.30~1.60	—	≤ 16	520	360	26	180° ($d=2a$)	桥梁建筑, 汽车纵横梁, 船舶
16MnCu	0.12~0.20	0.30~0.50	1.25~1.50	0.20~0.35Cu	≤ 16	520	360	26	180° ($d=2a$)	同16Mn
15MnTi	0.12~0.18	0.30~0.50	1.25~1.50	0.12~0.20Ti	≤ 25	540	400	19	180° ($d=3a$)	储油罐, 高中压容器, 起重运输设备, 焊接桥梁
15MnV	0.12~0.18	0.30~0.50	1.25~1.50	0.04~0.14V	≤ 25	540	400	18	180° ($d=3a$)	锅炉汽包, 化工容器, 造船钢板, 大型厂房结构

因此在机械制造中得到广泛应用。但是铸铁含碳量高（一般为2.5~4%），并含有较高的硫磷杂质，故铸铁的强度比钢低，韧性和塑性也很差，一般用来制造形状较复杂或工作时主要是承受压力或受到摩擦的零件。

根据碳在铸铁中存在的形式不同，铸铁可分为白口铸铁、灰口铸铁和球墨铸铁等多种。白口铸铁中的碳以化合物形式存在，其断口呈亮白色，性能硬而脆，切削加工极困难，机械制造中很少直接使用。

（一）灰口铸铁

灰口铸铁中碳以自由状态片状石墨存在，断口为暗灰色。它具有良好的铸造性能和切削加工性能，其应用最广泛，在各种铸铁零件中灰口铸铁占80%以上。灰口铸铁的牌号、性能、用途见表1-5。

（二）球墨铸铁

球墨铸铁是通过向一定成分的铁水中加入球化剂（镁或镁合金），使铸铁中石墨呈球状。球状石墨和片状石墨相比，它具有最小的表面积，使石墨割裂基体组织和应力集中的现象大为减轻，因此球墨铸铁的强度、塑性和韧性都较高。常用来代替钢材制造曲轴、齿轮连

表1-5 灰口铸铁的牌号、性能及用途

类别	牌 号	σ_b (MPa)	用 途 举 例
普通灰口铸铁	HT100	100	用于负荷低的零件, 如盖、支架、手轮等
	HT150	150	用于中等负荷零件, 如齿轮箱、底座、工作台、滑板、阀体、管路附件等
	HT200 HT250	200 250	用于较大负荷的零件, 如床身、齿轮、飞轮、气缸、活塞、油缸、轴承座、泵体等
孕育铸铁	HT300 HT350	300 350	用于高弯曲应力的零件, 如齿轮、凸轮、车床卡盘、压力机机身、曲轴、高压泵、滑阀壳体等

杆、缸体等较为重要零件。球墨铸铁的牌号、性能及用途见表 1-6。

三、有色金属及其合金

铝、镁、铜、锡、铅、锌等及其合金统称为有色金属。有色金属的产量和使用量不如黑色金属多，但由于他们具有某些特殊性质，因而成为现代工业技术中不可缺少的材料之

(一) 铜及其合金

1. 纯铜(紫铜) 它具有良好的导电性、导热性和塑性；但强度低，不易制造机械零件。它主要用在电气工业上做各种导体材料和用来配制铜合金。

2. 黄铜 铜和锌的合金

叫黄铜。在普通的铜、锌合金中再加入其它元素就可组合成特殊黄铜、铅黄铜等。黄铜的机械性能比纯铜好，耐腐蚀，价格也较低，可用来制作某些机械零件。常用黄铜的牌号、成分、性能和用途见表 1-7。

表1-6 球墨铸铁的牌号、性能及用途

牌 号	抗拉强度	屈服强度	延伸率 δ	硬 度	用 途 举 例
	σ_b (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	(%)	HBS	
QT400-15	400	250	15	≤ 176	汽车、拖拉机的离合器、减速器等壳体、高压阀门阀体、阀盖、农机犁铧等
QT450-10	450	270	10	≤ 207	
QT500-7	500	350	7	147~241	机油泵齿轮、车柄轴瓦等
QT600-3	600	420	3	229~302	曲轴、连杆、凸轮轴、气缸套、齿轮、缸体等
QT700-2	700	490	2	229~302	
QT800-2	800	560	2	241~321	
QT1200-1	1200	840	1	HRC \geq 38	螺旋伞齿轮、减速齿轮、轴、犁铧等

表1-7 常用黄铜的代号、成分、性能及用途

类 别	合金代号	化学成分 (%)		机 械 性 能			大 致 用 途
		Cu	其 他	σ_b (MPa)	δ (%)	硬 度 (HBS)	
普通黄铜	H80	78~81	余量为Zn	320	52	53	用于镀层及装饰品，造纸工业用金属网
	H70	69~72	余量为Zn	320	55	—	弹壳、冷凝器管以及工业用其它零件
	H62	60.5~63.5	余量为Zn	330	49	50	散热器、垫圈、弹簧、垫片、各种阀、螺钉等
	H59	57~60	余量为Zn	390	44	—	热压及热轧零件
特殊黄铜	HPb 59-1	57~60	0.8~0.9Pb 余量为Zn	620	5	149	用于热冲压和切削方法制作的零件
	HA1 59-3-2	57~60	2.5~3.5Al 2.0~3.0 Ni 余量为Zn	380	50	75	在常温下工作的高强度零件和化学性能稳定的零件
	ZHSi 80-3-3	79~81	2.0~4.0Pb 2.5~4.5 Si 余量为Zn	250 300	7 15	90 100	轴承、衬套
	ZHA1 67-2.5	66~68	2.0~3.0Al 余量为Zn	300 400	15 12	90	海船与机器制造中的耐蚀零件

3. 青铜 凡是铜合金中的主要加入元素不是锌而是锡、铅等，通称为青铜。青铜的强度、硬度、耐腐蚀性和耐磨性均比黄铜高，常用来制造螺母、轴承、蜗轮等耐磨零件，并可

用来铸成工艺品。由于锡的价格昂贵，一般锡青铜只用于要求高、速度快的地方。目前大量采用无锡青铜来代替锡青铜。无锡青铜是在铜基合金中加入 Al、Be、Mn、Si、Pb 等元素所组成的合金，改善了机械性能，节约了锡，降低了成本，是锡青铜的良好代用品。常用青铜的牌号、成分、性能及用途见表 1-8。

表 1-8 常用青铜的牌号、性能及其用途

分 类	合 金 牌 号	化 学 成 份 (%)		机 械 性 能			大 致 用 途
		Sn	其 他	σ_b (MPa)	δ (%)	HBS	
铸 造 锡 青 铜	ZQSn10	9~11	余量为Cu	200~250	10	70~80	在大单位压力、冲击和可变载荷上工作的复杂零件或成型铸件、管配件
				200~250	3~10	70~80	
	ZQSn10-1	9~11	0.3~1.2P 余量为Cu	200~300	3	10~106	重要用途的轴承、齿轮、套筒和轴套等减摩零件
				250~350	7~10	90~120	
	ZQSn6-6-3	5~7	5~7Zn 2~4Pb 余量为Cu	150~200	8~12	60	减摩零件如航空工业、机器制造业、汽车拖拉机工业上用的轴承和轴套的衬垫
				180~250	4~8	65~75	
压 力 加 工 锡 青 铜	ZSn4-3	3.4~4	2.7~3.3Zn 余量为Cu	350	40	60	做弹簧、管配件和化工器械
	ZSn4-4-2.5	3~5	3~5Zn 1.5~3.5Pb 余量为Cu	300~350	35~45	60	航空业、汽车拖拉机工业及其他工业上用的轴承和轴套的衬垫
	ZSn6.5-0.4	6~7	0.3~0.4P 余量为Cu	350~450	60~70	70~90	弹簧和耐磨零件以及造纸工业用的铜网
无 锡 青 铜	ZQA19-4	8~9 Al	2~4Fe 余量为Cu	400	10		重要用途的耐磨耐蚀零件(齿轮、轴套)
				500	12		
	ZQPb30	27~33 Pb	余量为Cu	76	5.0	28	大功率的航空发动机及汽车发动机上的轴承
QBe2	2~2.3 Be	余量为Cu	500	30	100	用于重要用途的弹簧零件	

(二) 铝及铝合金

纯铝是银白色金属，导电、导热性能仅次于铜，塑性好；但强度和硬度低，工业上很少直接用纯铝做机械零件，而是应用它的合金。当在纯铝中加入 Si、Cu、Mg、Mn 等合金元素后，就组成了铝合金。它保留了比重小的特点，但强度和硬度却大大提高，是目前轻质结构的重要材料，广泛地应用于航空工业上。各种牌号的铝合金及其用途可查有关手册。

第三节 热处理简介

热处理就是将金属在固态下通过加热、保温和不同的冷却方式，改变金属内部组织结构从而得到所需性能的操作工艺。经过热处理的零件，可以使各种性能得到改善和提高，充分发挥合金元素的作用和材料本身的潜力，延长机械的使用寿命和节约金属材料。现在各类机械中有 60~80% 的零件要进行热处理，至于刀具、量具、轴承等则 100% 地需要进行热处理。

由此可见，热处理在机械制造中起着重要作用。

一、常用热处理的种类

钢的热处理常用方法有退火、正火、淬火和回火等。

(一) 退火

退火就是将工件加热到临界温度以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，在该温度下保温一段时间，然后随炉一起缓慢冷却下来的过程。退火的目的在于：细化晶粒，改善组织，消除内应力，降低硬度，使钢易于切削加工，并为以后的热处理作好准备。

(二) 正火

正火方法与退火方法相似，所不同的是从炉中取出置于空气中冷却下来，其冷却速度要比退火快一些，获得比退火后更细的组织。正火的目的是使钢件组织细化，提高强度和韧性，减少内应力，改善切削性能。正火因在外冷却，不占用设备，生产效率较高，所以低碳钢多采用正火代替退火。

(三) 淬火

淬火就是将工件加热到临界温度以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，保温一段时间，然后在水或油中快速冷却下来的一种热处理方法。零件通过淬火以后提高了硬度和耐磨性。但是韧性下降，内应力增加。因此 淬火后一般要经过回火处理 以消除内应力 提高零件的韧性。淬火分整体淬火和表面淬火两种。整体淬火是将整个工件放在加热炉内加热、保温；而表面淬火则是利用火焰加热或用高频 或中频 电流将工件表面加热至淬火温度 随即喷水冷却 达到淬火目的。淬火的加热温度要根据钢的含碳量及所含合金元素确定，冷却速度要根据零件机械性能的要求而定。

(四) 回火

回火就是将淬火后的工件重新加热至临界温度以下某一温度，保温一段时间，然后置于空气中或水中冷却的一种热处理方法。根据回火加热温度的不同，分为低温、中温和高温回火三种。要求高硬度的工件可采用低温回火（ $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ ）；对要求强度和韧性较高的工件可采用高温回火（ $500\sim 680^{\circ}\text{C}$ ），习惯上把这种热处理方法称为调质处理，调质的工件具有较好的综合机械性能；对弹簧、某些模具等工件常采用中温回火（ $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ ），以提高弹性，并使硬度适中。45钢用不同的方法热处理后，其机械性能见表 1-9。

表 1-9 45钢经不同热处理的性能

钢 号	热 处 理 方 法	σ_b (MPa)	δ_5	HBS
45	退 火	600	20	<207
	正 火	700	20	<230
	调 质	800	25	220~250
	淬火低温回火	1200	—	HRC50~56

二、化学热处理

化学热处理是在低碳钢或低碳合金钢工件的表面渗入碳、氮等原子的过程，用以提高工件表面的硬度和耐磨性。渗入钢中元素不同，其表面性能也不同，如采用渗碳或碳、氮共渗

(又叫氰化)可提高钢的耐磨性;渗氮和渗铬可使零件表面硬度、耐磨性和耐蚀性都得到很大的提高;渗硫可提高减摩性;渗铝可提高耐热抗氧化性;渗硅可提高耐酸性。

第四节 材料的选择

在机械设计和维修中选择材料时会遇到三种情况:一是标准件的材料,只要按标准规定选用即可,如弹簧垫圈等;第二种是经过长期实践已基本定型的零件材料,可采用类比法选用;第三种是设计新产品中的非标准零件的材料,其选材原则和方法如下所述。

一、选材的一般原则

(一)必须满足零件工作时机械性能的要求。

(二)工艺性能要好。如铸件需要有良好的铸造性能;锻件需要有良好的塑性;淬火件需要有良好的淬透性,而切削加工工件需要有良好的切削性能等等。

(三)经济合理。如尽量以铁代钢,尽量选用碳钢少用合金钢;选用不含或少含铬、镍元素的低合金高强度钢等等,

上述三点是一般原则,选用时要根据具体条件综合平衡,分析比较,从而得出一个最优方案。

二、选材的基本方法

由于零件在工作过程中受力情况比较复杂,因此对材料的性能要求也是多方面的。一般根据零件工作能力及其主要失效形式来选择零件材料,通常从以下三方面着手。

(一)以综合机械性能为主选材

一般轴类零件、连杆、低速齿轮等要求有较好的综合机械性能,因此可选用中碳钢如45钢或中碳合金钢如40Cr、40MnB等。

(二)以疲劳强度为主选材

在各种变载荷和冲击载荷作用下的零件,如曲轴、弹簧、中速齿轮等,多因疲劳而破坏。这类零件的选材应以疲劳极限为主,即选用疲劳强度较高的材料。

(三)以磨损为主选材

有些零件工作时常因表面磨损而失效,在选材时必须注意到材料的耐磨性,如受力不大而磨损大的零件可采用高碳钢、锰钢等耐磨材料;易受冲击又易磨损的零件采用低碳钢或低碳合金钢再施以表面淬火或表面淬火及回火的方法来满足使用要求。

在选用零件材料时,除能满足上述使用要求保证材料具有相应的机械性能外,还应尽量兼顾到材料的工艺性和经济性等。

第二章 常用机构

如前所述，机器是由一些机构组成的。而机构的功用在于传递或转变运动。因此，要正确设计或合理地使用机器，就必须掌握机构的组成、特点及其运动规律。本章主要介绍常用机构。

第一节 运动副及机构运动简图

一、运动副

机构的重要特征之一就是组成机构的各构件之间均按一定方式活动地联接在一起，并按一定规律相对运动。这种存在一定相对运动的可动联接称为运动副。机构中常见的运动副有低副和高副两类。

(一) 低副

两构件间以面接触而组成的运动副称低副，它有回转副和移动副两种。回转副只允许两构件之间在一个平面内绕定点转动或在平行平面内绕同一轴线转动，故回转副又称铰链。两构件部未固定的铰链称活动铰链（图 2-1 a）；有一个构件固定称固定铰链（图 2-1 b）。移动副所联接的两个构件只能沿某一轴线作相对移动（图 2-1c）。

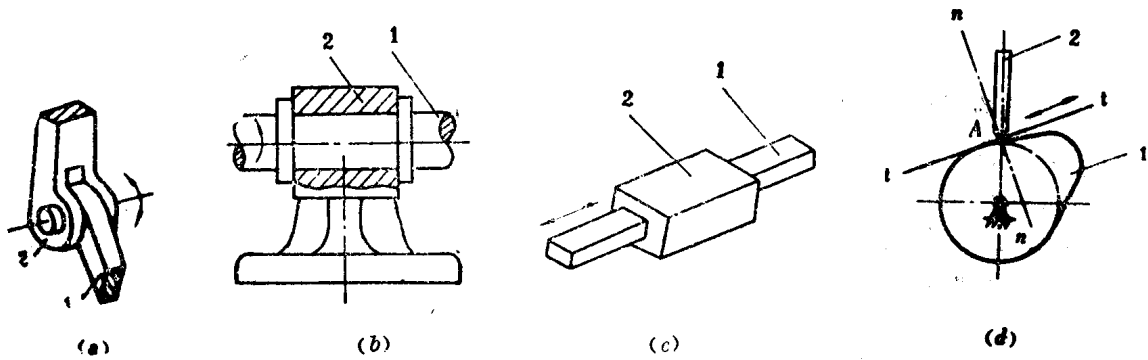


图 2-1 平面机构的运动副

(二) 高副

两构件之间通过点或线接触所组成的运动副称为高副，如图 2-1 d 所示的凸轮 1 与从动件之间组成点接触的高副，而一对啮合的齿轮则组成线接触的高副。

除此以外，常见的运动副还有图 2-2 所示的球面副和螺旋副等，它们均属于空间运动机构，本章从略。

二、机构运动简图

为了清楚地表示机构的运动特征，我们用机构运动简图来表示机构。所谓机构运动简图就是用一些规定的简单符号来代表构件和运动副而画成的机构图形，其中仅要求表示与机构运动有关的尺寸，而略去其他无关的尺寸，故图形简单明了。如图 2-3 为颚式破碎机的运动简图。运动简图所用的符号已列入规范 GB 4460-84，可查阅有关资料和手册。

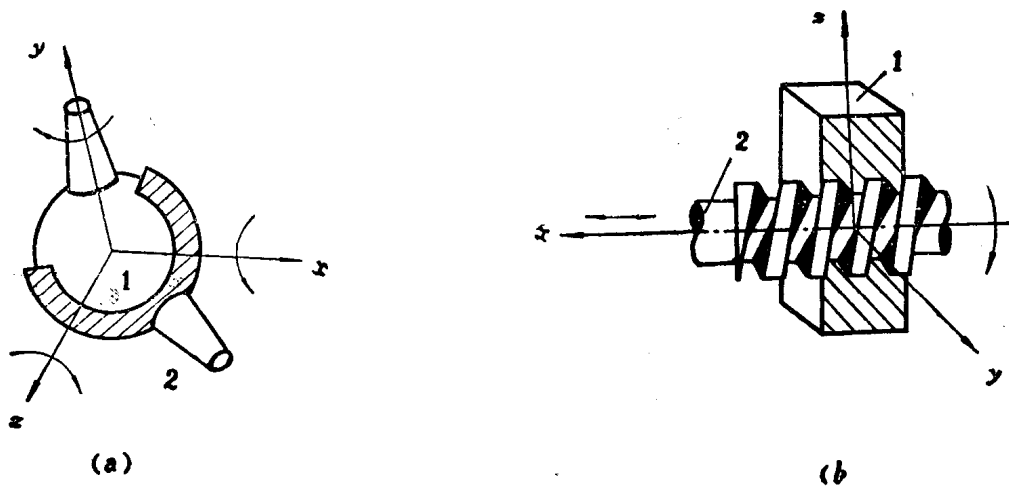


图2-2 球面副与螺旋副
(a) 球面副, (b) 螺旋副

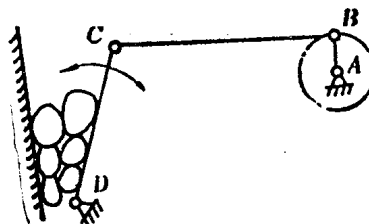


图2-3 颚式破碎机运动简图

第二节 平面四杆机构

组成机构的所有构件都在同一平面或在相互平行的平面内运动时,这种机构称平面机构,否则为空间机构。用平面低副(回转副或移动副)联接各构件可组成平面连杆机构,由于其接触表面一般为圆柱面或平面,故制造简单,易获得较高的制造精度;同时又因接触面大,磨损较轻,寿命长,因此在各种机械和仪器中得到广泛应用。平面连杆机构种类很多,由四个构件组成的最简单的平面四杆机构是最常用的。

一、铰链四杆机构

当平面四杆机构中的运动副都是回转副(铰链)时就称为铰链四杆机构,简称四杆机构。图2-4为铰链四杆机构的运动简图。机构中固定不动的杆4称机架,不与机架直接联接的杆2称连杆,与机架、连杆相联接的杆1和杆3称为连架杆。能作整周转动的连架杆称曲柄,不能整周回轉的连架杆则称为摇杆。根据两连架杆是否成为曲柄或摇杆,铰链四杆机构有曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构三种基本型式。

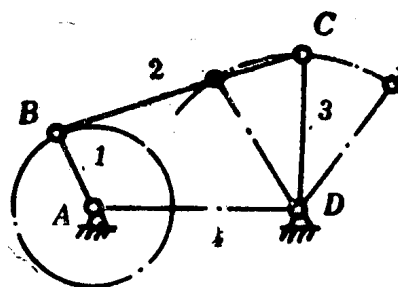


图2-4 铰链四杆机构

(一) 曲柄摇杆机构

在铰链四杆机构中,若两个连架杆一个为曲柄,另一个为摇杆,则此机构称为曲柄摇杆机构。当曲柄作为主动件时,从动件摇杆作变速往复运动;当摇杆为主动件时,曲柄为从动件作圆周转动。运动特性分析如下:

1. 急回特性 如图 2—5 所示 在曲柄 AB 转动一周过程中, 有两次与连杆 BC 共线, 此时摇杆 DC 分别位于 DC_1 和 DC_2 两个极限位置。两极限位置间的夹角为摇杆的摆角 ψ ; 曲柄 AB 对应于摇杆两个极限位置所夹锐角 θ 称极位夹角。当曲柄 AB 从 AB_1 顺时针方向等速地转动到 AB_2 位置时, 转过的角度为 $\varphi_1 = 180^\circ + \theta$, 摇杆 DC 由极限位置 DC_1 摆动到极限位置 DC_2 , 摆角为 ψ , 所需时间为 t_1 , 则 C 点的平均速度 $v_1 = \widehat{C_1C_2}/t_1$ 当曲柄再从 AB_2 位置顺时针方向等速地转回到 AB_1 位置时 所转过的角度为 $\varphi_2 = 180^\circ - \theta$, 此时摇杆也由 DC_2 位置摆回到 DC_1 位置, 摆角仍为 ψ , 所需时间为 t_2 , 而 C 点此时的平均速度 $v_2 = \widehat{C_2C_1}/t_2$ 。由于 $\varphi_1 > \varphi_2$, 故 $t_1 > t_2$, 则 $v_2 > v_1$ 。由此可知, 摇杆 DC 摆回的速度比原来摆动速度要快, 这种特性称摇杆的急回运动特性。在机械中常利用这个特性来缩短非生产时间以提高生产效率。

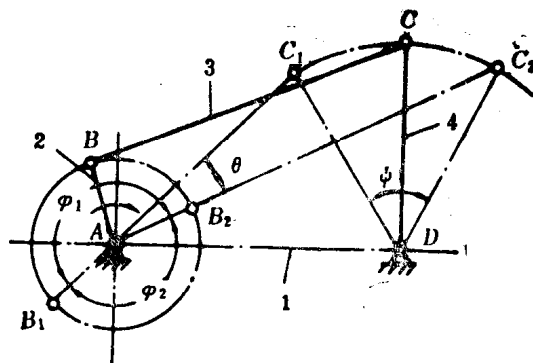


图 2-5 曲柄摇杆机构

2. 死点位置 图 2-5 中若取摇杆 DC 为主动件, 当摇杆处于极限位置 DC_1 和 DC_2 时, 连杆 BC 和曲柄 AB 共线, 如运动副中的摩擦与各杆件的质量忽略不计, 则摇杆通过连杆传递给曲柄的力将通过铰链中心 A , 该力对 A 点不产生力矩, 故无论加多大的力, 都不能带动曲柄转动。机构的这种位置称为死点位置, 它们的存在将使机构的从动件出现卡死或发生运动不确定的现象。为了克服死点位置带来的不良后果, 常利用机构本身或加上飞轮等附件的惯性作用的方法, 以保证机构能顺利地工作。有时也可利用死点来为我们服务 (夹紧机构)。

曲柄摇杆机构在机械中应用很多, 如图 2-6 所示的混凝土搅拌机就是利用曲柄为主动件的曲柄摇杆机构。图 2-7 所示的缝纫机驱动机构为以摇杆作主动件的曲柄摇杆机构, 其踏板相当于摇杆, 双脚踩动踏板而带动曲轴 (曲柄) 连续转动, 而大皮带轮同时起着飞轮作用, 利用其惯性克服死点位置而使缝纫机连续工作。

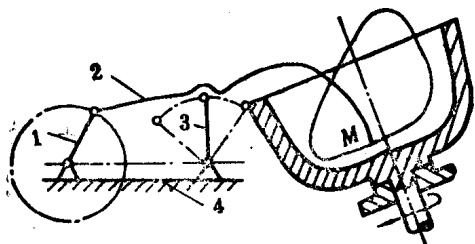


图 2-6 混凝土搅拌机工作原理简图

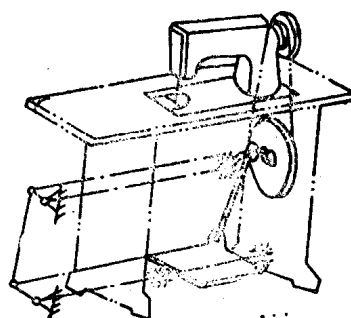


图 2-7 缝纫机驱动机构简图

(二) 双曲柄机构

在铰链四杆机构中, 若两连架杆均为曲柄, 即都能作整周转动, 则称为双曲柄机构。图 2-8 所示为双曲柄机构的运动简图。由于两曲柄的长度不等, 当主动曲柄 2 作等速转动一周时, 从动曲柄 4 以变速度转动一周, 故双曲柄机构也具有急回运动特性。这种机构能将等速转动变为另一种周期性的变速转动常用于惯性筛等机械中。

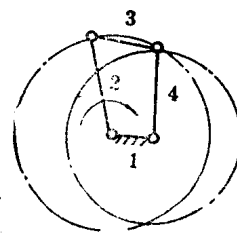


图 2-8 双曲柄机构

如果双曲柄机构对边的长度相等, 则可得到如图 2-9 所示的正